

Docket No.: 50212-144

# 3  
RS 2633  
**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of

Toshiaki OKUNO

Serial No.: 09/696,030

Filed: October 26, 2000



Group Art Unit: 2633

Examiner:

For: OPTICAL TRANSMITTER AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM  
PROVIDED THEREWITH

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Honorable Commissioner for Patents and Trademarks  
Washington, D. C. 20231

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the  
following application:

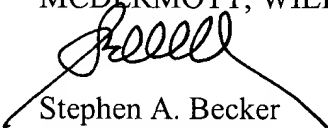
Japanese Patent Application No. 11-105449,

Filed April 13, 1999

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Stephen A. Becker  
Registration No. 26,527

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 SAB:ykg  
**Date: January 26, 2001**  
Facsimile: (202) 756-8087

**RECEIVED**  
JAN 29 2001  
Technology Center 2600

日本国特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

56212-144  
October 26, 2008  
~~January 26, 2001~~  
OKUNO  
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 4月13日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第105449号

出願人

Applicant(s):

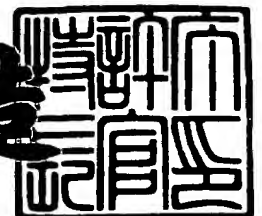
住友電気工業株式会社



2000年12月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3100883

【書類名】 特許願

【整理番号】 099Y0071

【提出日】 平成11年 4月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/02  
H04B 10/18

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

【氏名】 奥野 俊明

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9810286

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光送信器および光通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定周波数の変調信号を電気信号として出力する変調信号源と、

前記変調信号源から出力された前記変調信号により駆動され、前記変調信号に応じて変調されたレーザ光を出力する半導体レーザ光源と、

送信すべき信号を電気信号として出力する信号源と、

前記半導体レーザ光源から出力された前記レーザ光を、前記信号源から出力された前記電気信号に基づいて振幅変調し、その振幅変調された前記レーザ光を信号光として出力する外部変調器と、

前記外部変調器から出力された前記信号光を光増幅して出力する光増幅器とを備え、

前記光増幅器に入力した前記レーザ光の前記所定周波数の振幅変調の変調度に対して、前記光増幅器から出力された前記信号光の前記所定周波数の振幅変調の変調度の比が 6 0 % 以下であることを特徴とする光送信器。

【請求項 2】 前記所定周波数は 2 0 k H z 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光送信器。

【請求項 3】 2 0 k H z 以下の所定周波数の変調信号を電気信号として出力する変調信号源と、

前記変調信号源から出力された前記変調信号により駆動され、前記変調信号に応じて変調されたレーザ光を出力する半導体レーザ光源と、

送信すべき信号を電気信号として出力する信号源と、

前記半導体レーザ光源から出力された前記レーザ光を、前記信号源から出力された前記電気信号に基づいて振幅変調し、その振幅変調された前記レーザ光を信号光として出力する外部変調器と、

前記外部変調器から出力された前記信号光を光増幅して出力する光増幅器とを備え、

前記光増幅器から出力された前記信号光の前記所定周波数の振幅変調の変調度

が 1 0 % 以下であることを特徴とする光送信器。

【請求項 4】 前記光増幅器はエルビウム添加光ファイバ増幅器であることを特徴とする請求項 1 または 3 に記載の光送信器。

【請求項 5】 信号光を出力する請求項 1 または 3 に記載の光送信器と、前記光送信器から出力された前記信号光を伝送する光伝送路と、前記光伝送路により伝送された前記信号光を受信する光受信器とを備えることを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、信号光を送出する光送信器、および、この光送信器を用いた光通信システムに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

光通信システムは、信号光を出力する光送信器と、その信号光を伝送する光ファイバ等の光伝送路と、この光伝送路により伝送された信号光を受信する光受信器とを備えて構成される。光伝送路を伝送する信号光のパワーが大きいと、その光伝送路において非線形光学現象が生じ、これに因り信号光の波形が劣化し、光受信器において受信誤りが生じ易くなる。それ故、非線形光学現象の発生を抑圧して、信号光の波形劣化を防止することが重要である。

【 0 0 0 3 】

光ファイバ中の非線形光学現象には種々のものがあり、その 1 つが誘導ブリルアン散乱 (stimulated Brillouin scattering、以下では「S B S」と言う) である。例えば、文献 1 「Y. K. Park, et al., "A 5 Gb/s Repeaterless Transmission System Using Erbium-Doped Fiber Amplifiers", IEEE Photon. Technol. Lett., Vol.5, No.1, pp.79-82 (1993)」には、S B S 発現と伝送特性劣化との関係を実験によって検証した結果が記載されている。

【 0 0 0 4 】

この S B S の発生を抑圧する技術は、例えば、文献 2 「S. K. Korotky, et al

., "Efficient Phase Modulation Scheme for Suppressing Stimulated Brillouin in Scattering", IOOC'95, WD2-1 (1995)」、文献3「D. A. Fishman, et al., "Degradations Due to Stimulated Brillouin Scattering in Multigigabit Intensity-Modulated Fiber-Optic System", J. Lightwave Technol., Vol.11, No. 11, pp.1721-1728 (1993)」、文献4「T. Sugie, et al., "Transmission Limitations of CPFSK Coherent Lightwave Systems Due to Stimulated Brillouin Scattering in Optical Fiber", J. Lightwave Technol., Vol.9, No.9, pp.1145-1155 (1991)」、および、文献5「L. Eskildsen, et al., "Stimulated Brillouin scattering suppression with low residual AM using a novel temperature wavelength-dithered DFB laser diode", Electron. Lett., Vol.32, No.15, pp.1387-1388 (1996)」などに記載されている。

#### 【0005】

これらの文献に記載されたSBS抑圧技術は、光源である半導体レーザ光源から出力されるレーザ光に位相変調または周波数変調することが基本となっている。この位相変調または周波数変調されたレーザ光に高速の信号を重畳したものを信号光として、この信号光を光伝送路に伝送させることになる。特に、上記文献5に記載されたSBS抑圧技術は、位相変調をかけることによりSBSを抑圧しようとするものであるが、この位相変調の際に同時に生じる振幅変調をできる限り小さくするために、半導体レーザ光源に特殊な構造を設けて、この半導体レーザ光源から出力されるレーザ光の振幅変調を十分に低減したものである。

#### 【0006】

従来のSBS抑圧技術における光送信器は、図2に示すように、周波数 $f_m$ の変調信号を出力する変調信号源1と、この変調信号に基づいて位相変調または周波数変調されたレーザ光を出力する半導体レーザ光源2と、送信すべき信号を出力する信号源3と、半導体レーザ光源2から出力されたレーザ光を信号源3から出力された信号に基づいて振幅変調しその振幅変調されたレーザ光を信号光として出力する外部変調器4と、この外部変調器4から出力された信号光を光増幅して出力する光増幅器5とを備えて構成されている。

#### 【0007】

半導体レーザ光源 2 は、変調信号源 1 によって変調されたバイアス電圧すなわち駆動電流に従って活性層の屈折率が変化し位相変調または周波数変調を受けるが、同時に振幅変調も伴うことになる。図 3 に示すように、振幅変調の周期は、位相変調または周波数変調と同様に  $1/f_m$  である。図 3 において、半導体レーザ光源 2 から出力されるレーザ光の平均パワーを  $P_1$  で示し、そのレーザ光の変調振幅を  $a_1$  で示している。変調度は  $a_1/P_1$  である。

【0008】

もし、駆動電流により直接変調されなければ、半導体レーザ光源 2 から出力されるレーザ光のスペクトルは、図 4 (a) に示すように中心周波数  $f_0$  を含む狭帯域のものである。しかし、直接変調されることにより、半導体レーザ光源 2 内の導波層の屈折率が変化してチャープングが起こることから、半導体レーザ光源 2 から出力されるレーザ光のスペクトルは、図 4 (b) に示すように中心周波数  $f_0$  を含む広帯域のものとなる。そして、このレーザ光のスペクトル幅の拡大により、SSB の発現の抑制が可能となる。

【0009】

また、半導体レーザ光源 2 から出力されるレーザ光のパワーは小さく、また、外部変調器 4 から出力される信号光のパワーも小さいことから、この信号光は光増幅器 5 により光増幅されて、その光増幅された信号光が光伝送路 6 に送出される。光増幅器 5 から出力される信号光は、図 5 に示すように、半導体レーザ光源 2 から出力されたレーザ光の平均パワー  $P_1$  より大きい平均パワー  $P_2$  であって、変調振幅が  $a_2$  であり、変調度が  $a_2/P_2$  である。なお、図 5 に示す波形では、信号源 3 による変調成分が省略されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上記の従来の光送信器の光増幅器 5 から伝送路 6 へ送出される信号光は、平均パワーが  $P_2$  で変調振幅が  $a_2$  の振幅変調されたものであり、最大パワー  $P_{\max}$  が  $P_2 + a_2$  となる。もし、この最大パワー  $P_{\max}$  が或る閾値より大きいと、光伝送路 6 において非線形光学現象（四光波混合、自己位相変調など）が発生し、図 6 に示すように、長距離を伝送した後では光伝送路 6 の分散の影響に因り信号光の



波形劣化が顕著になる。したがって、時間軸に対して周期  $1/f_m$  で波形劣化が大きい領域と小さい領域とが交互に現れることになる。

#### 【0011】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、非線形光学現象（特にSBS）の発現を抑制するとともに高パワーの信号光を出力することができる光送信器、および、この光送信器を用いた光通信システムを提供することを目的とする。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る光送信器は、(1) 所定周波数の変調信号を電気信号として出力する変調信号源と、(2) 変調信号源から出力された変調信号により駆動され、変調信号に応じて変調されたレーザ光を出力する半導体レーザ光源と、(3) 送信すべき信号を電気信号として出力する信号源と、(4) 半導体レーザ光源から出力されたレーザ光を、信号源から出力された電気信号に基づいて振幅変調し、その振幅変調されたレーザ光を信号光として出力する外部変調器と、(5) 外部変調器から出力された信号光を光増幅して出力する光増幅器とを備えることを特徴とする。そして、光増幅器に入力したレーザ光の所定周波数の振幅変調の変調度に対して、光増幅器から出力された信号光の所定周波数の振幅変調の変調度の比が60%以下であることを特徴とする。このとき、上記所定周波数は20kHz以下であるのが好適である。或いは、上記所定周波数が20kHz以下であって、光増幅器から出力された信号光の所定周波数の振幅変調の変調度が10%以下であることを特徴とする。

#### 【0013】

この光送信器によれば、半導体レーザ光源から出力されるレーザ光は、所定周波数（好適には20kHz以下）の変調信号で振幅変調されたものである。このレーザ光は外部変調器において信号成分が重畳されて信号光となり、この信号光は、光増幅器により光増幅されて出力される。そして、光増幅器に入力したレーザ光の所定周波数の振幅変調の変調度に対して、光増幅器から出力された信号光の所定周波数の振幅変調の変調度の比が60%以下であることにより、或いは、

光増幅器から出力された信号光の所定周波数の振幅変調の変調度が 10% 以下であることにより、光送信器の後段に接続される光伝送路における非線形光学現象（特に S B S）の発現を抑制することができ、高パワーの信号光を出力することができる。

## 【0014】

特に、光増幅器はエルビウム添加光ファイバ増幅器であることを特徴とする。この場合には、光増幅器の増幅用光ファイバにおける反転分布の応答特性が比較的低速であるので、本発明を適用するのに好適である。

## 【0015】

本発明に係る光通信システムは、信号光を出力する上記の光送信器と、この光送信器から出力された信号光を伝送する光伝送路と、この光伝送路により伝送された信号光を受信する光受信器とを備えることを特徴とする。この光通信システムによれば、光送信器から出力された信号光は、光伝送路を経て光受信器に到達し受信される。上記の光送信器を採用したことにより、光伝送路における非線形光学現象（特に S B S）の発現を抑制することができ、高パワーの信号光を伝送することができるので、光受信器における受信誤りが低減される。

## 【0016】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

## 【0017】

先ず、本発明を想到するに到った経緯について説明する。信号光が光増幅器に入力したとき、その入力した信号光の変調波形（変調信号源 1 による周波数  $f_m$  の変調成分）に対する光増幅器の応答は、信号光入力時の光増幅器のレーザ媒質における反転分布（利得係数）の時間的な振る舞いに帰着される。光増幅器のレーザ媒質における反転分布の応答速度は、

$$\tau_{\text{eff}} = \tau / (1 + I / I_s + I_p / I_{\text{pth}})$$

なる式で表されるレーザ媒質の実効的な上準位の寿命  $\tau_{\text{eff}}$  により支配される。

ここで、 $\tau$  は光が存在しないときの上準位の寿命であり、 $I$  は入力信号光の強度

であり、 $I_s$ は飽和強度であり、 $I_p$ は励起光強度であり、 $I_{pth}$ は光増幅器のレーザ媒質が透明になる閾値励起光強度である。

#### 【0018】

光増幅器5に入力する信号光の振幅変調（変調信号源1による変調成分）の周波数 $f_m$ が低い場合、すなわち、振幅変調の周期 $1/f_m$ が実効的な上準位の寿命 $\tau_{eff}$ より長い場合には、光増幅器5における反転分布（利得係数）は入力信号光の強度の変化に追従することができる。その結果、光増幅器5から出力される信号光は、図7（a）に示すように、変調度が低下し、或いは、変調振幅が略零となって連続光となり得る。

#### 【0019】

一方、光増幅器5に入力する信号光の振幅変調（変調信号源1による変調成分）の周波数 $f_m$ が高い場合、すなわち、振幅変調の周期 $1/f_m$ が実効的な上準位の寿命 $\tau_{eff}$ より短い場合には、光増幅器5における反転分布（利得係数）は入力信号光の強度の変化に追従することができなくなる。すなわち、光増幅器5は、入力信号光の平均強度に応じて略一定の利得係数を有することになる。その結果、図7（b）に示すように、光増幅器5から出力される信号光の変調度は、光増幅器5に入力する信号光の変調度と比べて殆ど変わらないことになる。

#### 【0020】

なお、図7（a）および（b）それぞれに示す波形では、信号源3による変調成分が省略されている。

#### 【0021】

また、実効的な上準位の寿命 $\tau_{eff}$ の式から判るように、入力信号光強度 $I$ が飽和強度 $I_s$ より十分に小さい場合には、入力信号光強度 $I$ の変化は、実効的な上準位の寿命 $\tau_{eff}$ の値に寄与することは殆ど無いので、無視することができ、問題とはならない。しかし、入力信号光強度 $I$ が飽和強度 $I_s$ と同程度またはこれ以上である場合、すなわち、飽和領域付近で光増幅器5を動作させる場合には、入力信号光強度 $I$ の変化は、実効的な上準位の寿命 $\tau_{eff}$ の値に大きく寄与するので、問題となる。SBSが問題となる光通信システムでは、通常、飽和領域付近で光増幅器5を動作させるので問題となる。

## 【0022】

以上に述べたことを実験により確認した。図8は、半導体レーザ光源2から出力されるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を1 kHzとし変調度を20%としたときのスペクトルを説明する図であり、同図(a)は、光増幅器5に入力するレーザ光のスペクトルを示し、同図(b)は、光増幅器5から出力される信号光のスペクトルを示す。この図から判るように、光増幅器5から出力された信号光では、変調周波数  $f_m$  に対応するサイドバンド成分が消失している。また、図9は、半導体レーザ光源2から出力されるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を7 kHzおよび20 kHzとし変調度を20%としたときのスペクトルを説明する図であり、同図(a)は、光増幅器5に入力するレーザ光のスペクトルを示し、同図(b)は、光増幅器5から出力される信号光のスペクトルを示す。この図から判るように、光増幅器5から出力された信号光では、変調周波数7 kHzの成分が消失しているが、変調周波数20 kHzの成分が透過している。

## 【0023】

図10は、半導体レーザ光源2から出力されるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を1 kHzとし変調度を10%としたときの波形を説明する図であり、同図(a)は、光増幅器5に入力するレーザ光の波形を示し、同図(b)は、光増幅器5から出力される信号光の波形を示す。また、図11は、半導体レーザ光源2から出力されるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を40 kHzとし変調度を10%としたときの波形を説明する図であり、同図(a)は、光増幅器5に入力するレーザ光の波形を示し、同図(b)は、光増幅器5から出力される信号光の波形を示す。これらの図から判るように、変調周波数  $f_m$  が1 kHzであるときには、光増幅器5から出力される信号光の変調度は低下している。これに対して、変調周波数  $f_m$  が40 kHzであるときには、光増幅器5から出力される信号光の変調度は、光増幅器5に入力するレーザ光の変調度と殆ど変わらない。

## 【0024】

図12は、変調周波数  $f_m$  と変調度残留量との関係を示すグラフである。ここで変調度残留量とは、光増幅器5に入力したレーザ光の周波数  $f_m$  の振幅変調の変調度に対する、光増幅器5から出力された信号光の周波数  $f_m$  の振幅変調の変

調度の比である。このグラフから判るように、変調周波数  $f_m$  が小さいほど、変調度残留度も小さくなる。変調周波数  $f_m$  が 20 kHz 以下で変調度残留度は 60 % 以下となり、変調周波数  $f_m$  が 10 kHz 以下で変調度残留度は 30 % 以下となり、変調周波数  $f_m$  が 5 kHz 以下で変調度残留度は 15 % 以下となる。

## 【0025】

図13は、光増幅器5から伝送路6に信号光を入射させた場合の入射パワーと反射パワーとの関係を示す図である。伝送路6は長さ20 kmのシングルモード光ファイバであり、ここでは高速の信号成分はかけていない。また、変調周波数  $f_m$  を0（変調なし）、1 kHz および 5 kHz それぞれとし、変調度を10 % とした。このグラフから判るように、変調周波数  $f_m$  が大きいほどSBSは起こり難くなっている。

## 【0026】

以上より、SBSの発現を抑制しつつ、正規の信号成分以外の振幅変調成分（変調信号源1による変調成分）が低減された信号光を光増幅器5から出力する為には、変調信号源1によるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を、レーザ媒質の実効的な上準位の寿命  $\tau_{eff}$  の逆数より小さくすればよい。また、SBS抑圧効果を大きくする為には、変調信号源1によるレーザ光の変調周波数  $f_m$  が大きくすればよい。以上のように、変調信号源1によるレーザ光の振幅変調の変調周波数  $f_m$  として適切な帯域があることが判った。本発明は以上のような考察および知見に基づいてなされたものである。

## 【0027】

次に、本実施形態に係る光送信器および光通信システムの概略構成について説明する。図1は、本実施形態に係る光送信器および光通信システムの概略構成図である。本実施形態に係る光通信システムは、光送信器10、光伝送路20および光受信器30を備えて構成されている。また、本実施形態に係る光送信器10は、変調信号源11、半導体レーザ光源12、信号源13、外部変調器14および光増幅器15を備えて構成されている。

## 【0028】

変調信号源11は、20 kHz 以下の周波数  $f_m$  の変調信号を電気信号として

出力する。半導体レーザ光源 1 2 は、変調信号源 1 1 から出力された周波数  $f_m$  の変調信号により駆動され、その変調信号に応じて位相変調や周波数変調に加え振幅変調されたレーザ光を出力する。このレーザ光の波長は、例えば  $1.55 \mu m$  帯であるのが好適である。信号源 1 3 は、送信すべき信号を電気信号として出力する。外部変調器 1 4 は、半導体レーザ光源 1 2 から出力されたレーザ光を、信号源 1 3 から出力された電気信号に基づいて振幅変調し、その振幅変調されたレーザ光を信号光として出力する。

## 【 0 0 2 9 】

光増幅器 1 5 は、外部変調器 1 4 から出力された信号光を光増幅して、その光増幅された信号光を光伝送路 2 0 へ出力する。特に、光増幅器 1 5 は、E r 元素等がコア領域に添加された増幅用光ファイバと、この増幅用光ファイバに所定波長の励起光を供給する励起手段とを有するエルビウム添加光ファイバ増幅器であるのが好適である。光増幅器 1 5 がエルビウム添加光ファイバ増幅器である場合には、増幅用光ファイバにおける反転分布の応答特性が比較的低速であるので、本発明を適用するのに好適である。

## 【 0 0 3 0 】

ここで、光増幅器 1 5 から出力された信号光の周波数  $f_m$  の振幅変調の変調度が 1 0 % 以下となるよう調整されている。或いは、光増幅器 1 5 に入力したレーザ光の周波数  $f_m$  の振幅変調の変調度に対して、光増幅器 1 5 から出力された信号光の周波数  $f_m$  の振幅変調の変調度の比が 6 0 % 以下となるよう調整されている。

## 【 0 0 3 1 】

そして、光送信器 1 0 の光増幅器 1 5 から出力された信号光は、光伝送路 2 0 を伝送して光受信器 3 0 に到達する。光受信器 3 0 は、この到達した信号光を受信する。このように構成することにより、光送信器 1 0 から送出され光伝送路 2 0 を経て光受信器 3 0 に到達する信号光は、G b s 以上の伝送の場合であっても、S B S の発現が抑圧されたものとなり、良好な信号波形が維持される。

## 【 0 0 3 2 】

また、従来の場合には、光送信器 1 0 から光伝送路 2 0 に入射する信号光のパ

ワーが 7 dBm 以上である場合には、光伝送路 20 における非線形光学現象の発生が顕著になるが、本実施形態の場合には、このような場合であっても、SBS の発現が抑圧されたものとなり、良好な信号波形が維持される。また、従来の場合には、光伝送路 20 である光ファイバの非線形屈折率を  $n_2$  とし実効断面積を  $A_{\text{eff}}$  としたときに、光伝送路 20 の入射端における  $n_2/A_{\text{eff}}$  の値が  $6 \times 10^{-10}$  /W 以上である場合にも、光伝送路 20 における非線形光学現象の発生が顕著になるが、本実施形態の場合には、このような場合であっても、SBS の発現が抑圧されたものとなり、良好な信号波形が維持される。

### 【0033】

次に、本実施形態に係る光通信システムの実施例について説明する。本実施例では、光伝送路 20 は、光送信器 10 の後段に接続された長さ 200 km のシングルモード光ファイバまたは長さ 200 km の分散シフト光ファイバで構成された。また、光送信器 10 から光伝送路 20 に入射する信号光のパワーを +15 dBm とした。そして、光受信器 30 に到達する信号光のパワーペナルティを評価した。その結果、変調周波数  $f_m$  が 20 kHz 以下であれば、何れの光ファイバにおいても、パワーペナルティが 1 dB 以下となり、伝送特性が劣化しないことが確認された。光増幅器 15 出力時の変調度が 10 % 以下であれば、パワー変動が非線形光学現象に因る波形劣化と関係しないことが判った。また、変調度残留度が 60 % 以下であるような変調周波数  $f_m$  の範囲であれば、SBS 発現を回避することができる程度まで変調度を大きくしたとしても、低周波変調に因る強度の差に伴う非線形光学現象の発現に差が生じることなく、パワーペナルティの増大につながらないことが確認された。

### 【0034】

#### 【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る光送信器によれば、所定周波数の変調信号（好適には 20 kHz 以下）で変調されたレーザ光が半導体レーザ光源から出力され、このレーザ光が外部変調器において信号成分が重畳されて信号光となり、この信号光が光増幅器により光増幅されて出力される。そして、光増幅器に入力したレーザ光の所定周波数の振幅変調の変調度に対して、光増幅器から

出力された信号光の所定周波数の振幅変調の変調度の比が 6 0 % 以下であることにより、或いは、光増幅器から出力された信号光の所定周波数の振幅変調の変調度が 1 0 % 以下であることにより、光送信器の後段に接続される光伝送路における非線形光学現象（特に S B S）の発現を抑制することができ、高パワーの信号光を出力することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

また、本発明に係る光通信システムによれば、上記の光送信器を採用したことにより、光伝送路における非線形光学現象（特に S B S）の発現を抑制することができ、高パワーの信号光を伝送することができるので、光受信器における受信誤りが低減される。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本実施形態に係る光送信器および光通信システムの概略構成図である。

##### 【図 2】

従来の光送信器の構成図である。

##### 【図 3】

従来の光送信器における半導体レーザ光源から出力される信号光の波形を説明する図である。

##### 【図 4】

従来の光送信器における半導体レーザ光源から出力される信号光のスペクトルを説明する図である。

##### 【図 5】

従来の光送信器における光増幅器から出力される信号光の波形を説明する図である。

##### 【図 6】

従来の光送信器から出力され長距離伝送した後の信号光の波形を説明する図である。

##### 【図 7】

光増幅器の入力信号光および出力信号光それぞれの変調度を説明する図である



【図 8】

半導体レーザ光源から出力されるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を 1 kHz とし変調度を 20% としたときのスペクトルを説明する図である。

【図 9】

半導体レーザ光源から出力されるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を 7 kHz および 20 kHz とし変調度を 20% としたときのスペクトルを説明する図である。

【図 10】

半導体レーザ光源から出力されるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を 1 kHz とし変調度を 10% としたときの波形を説明する図である。

【図 11】

半導体レーザ光源から出力されるレーザ光の変調周波数  $f_m$  を 40 kHz とし変調度を 10% としたときの波形を説明する図である。

【図 12】

変調周波数  $f_m$  と変調度残留量との関係を示すグラフである。

【図 13】

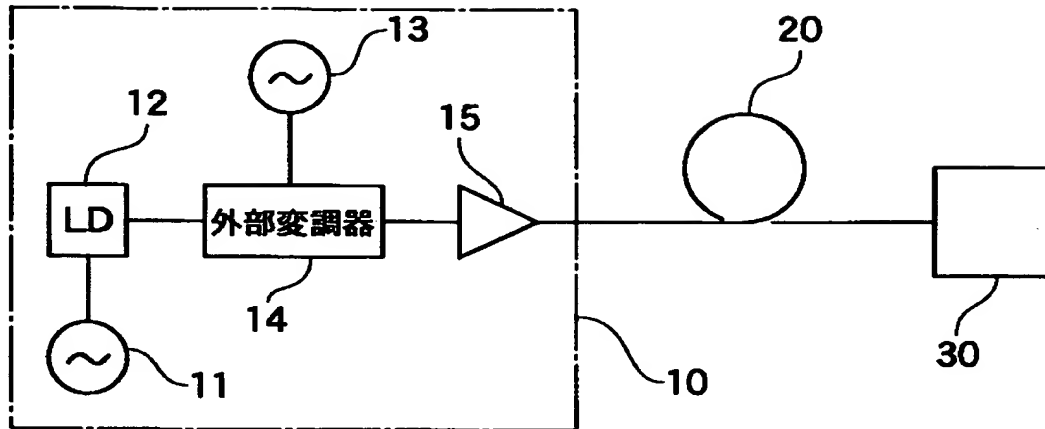
光増幅器から伝送路に信号光を入射させた場合の入射パワーと反射パワーとの関係を示す図である。

【符号の説明】

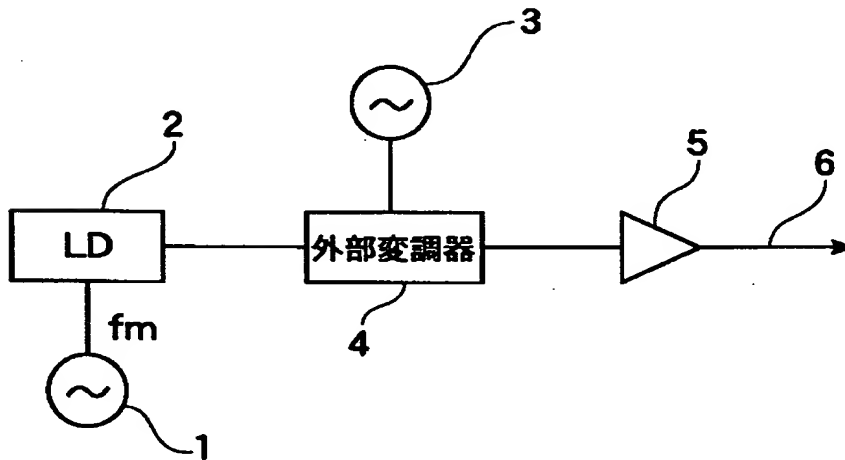
10…光送信器、11…変調信号源、12…半導体レーザ光源、13…信号源、14…外部変調器、15…光増幅器、20…光伝送路、30…光受信器。

【書類名】 図面

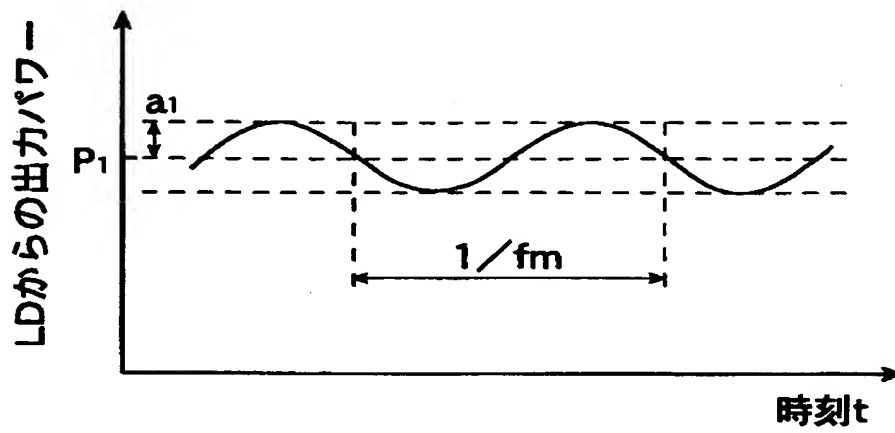
【図 1】



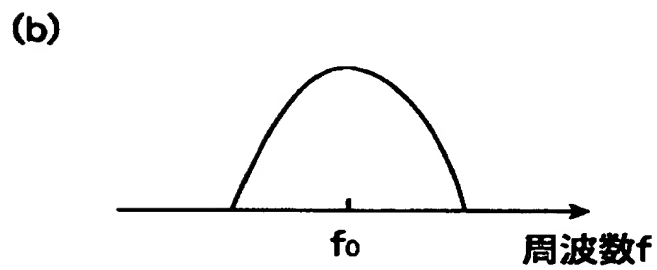
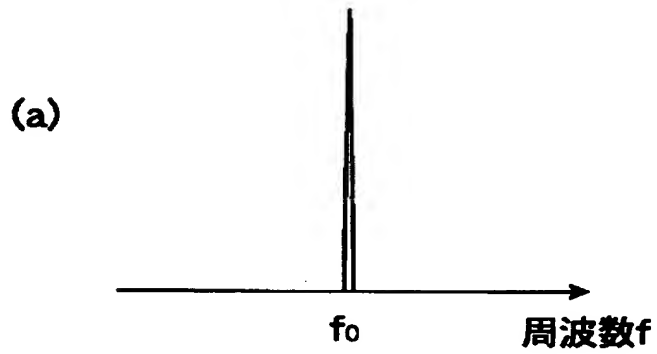
【図 2】



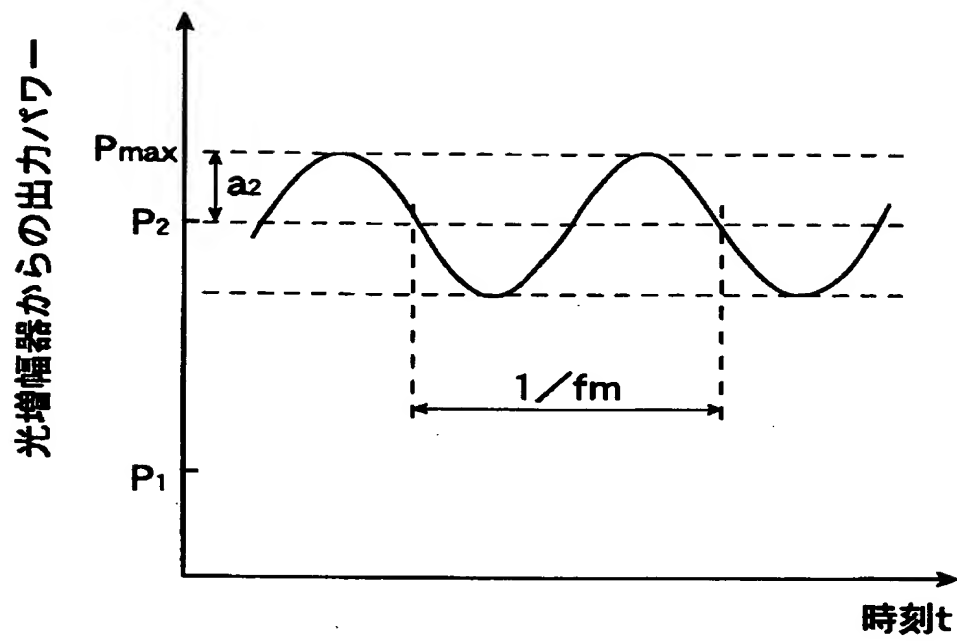
【図 3】



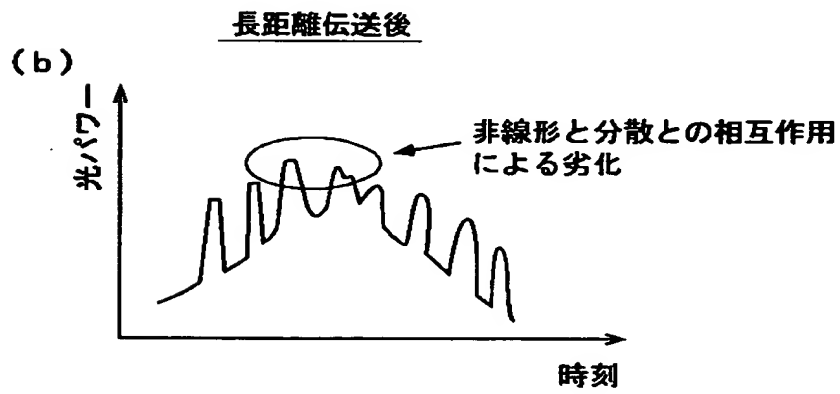
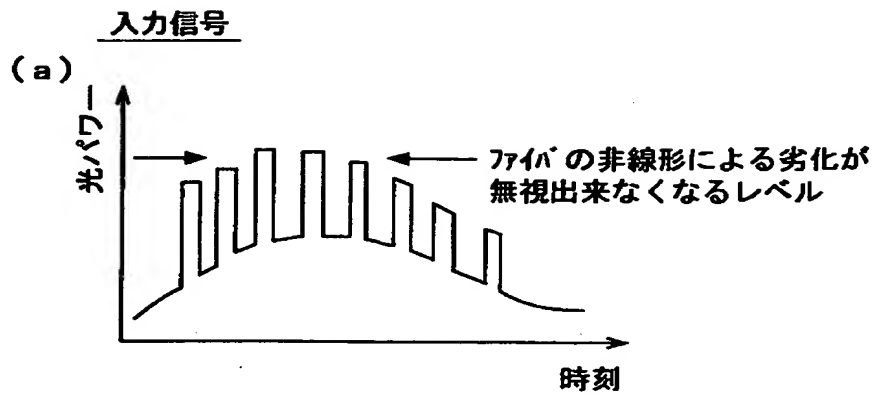
【図 4】



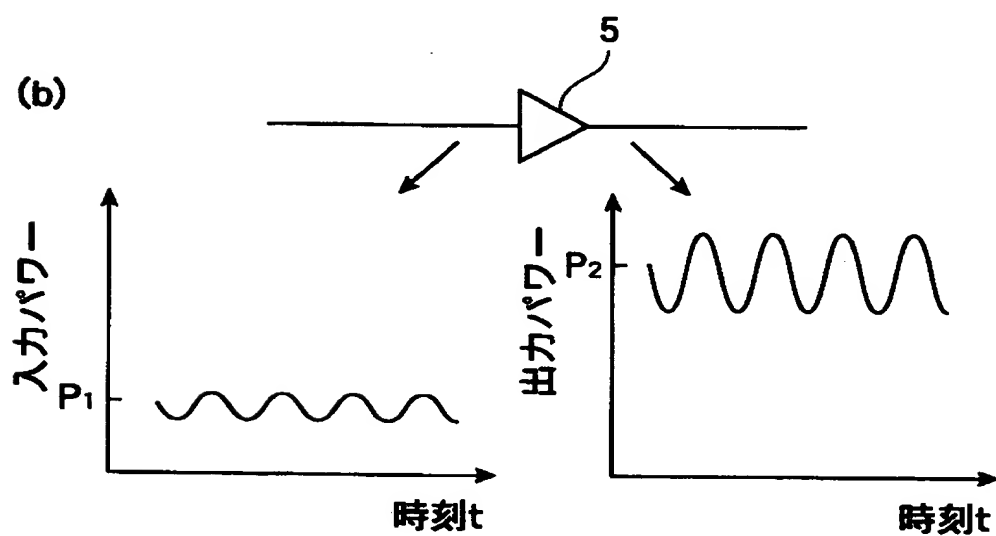
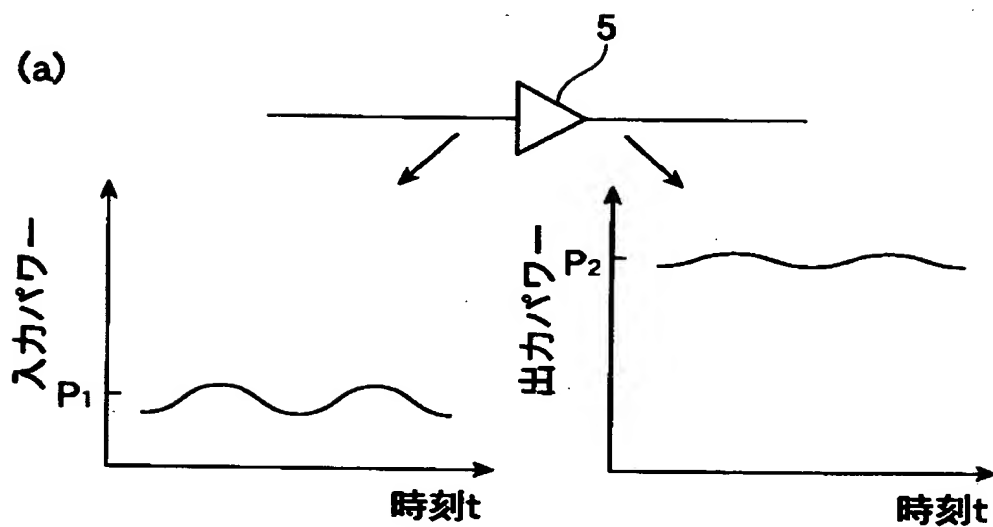
【図 5】



【図 6】

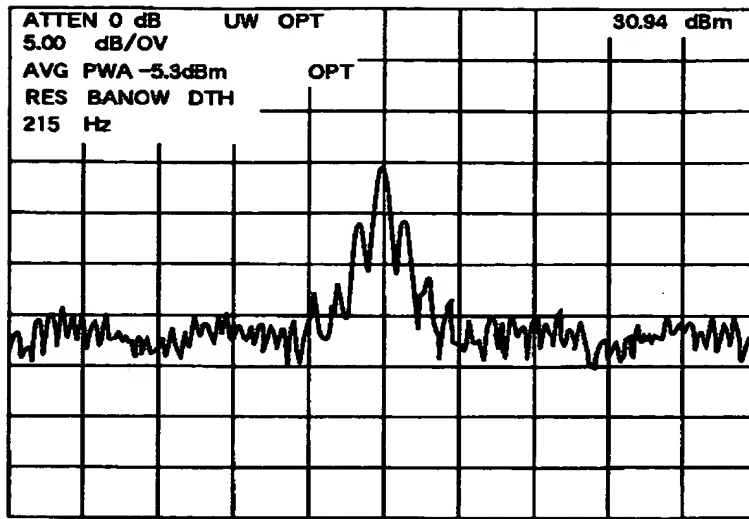


【図 7】

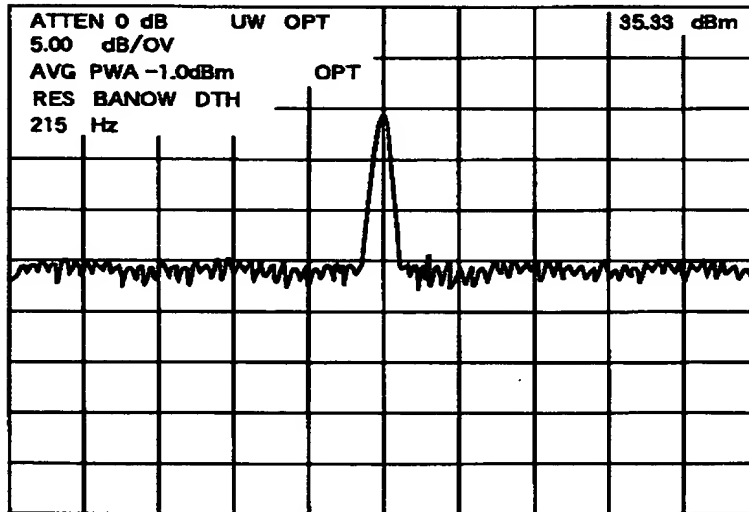


【図 8】

(a)

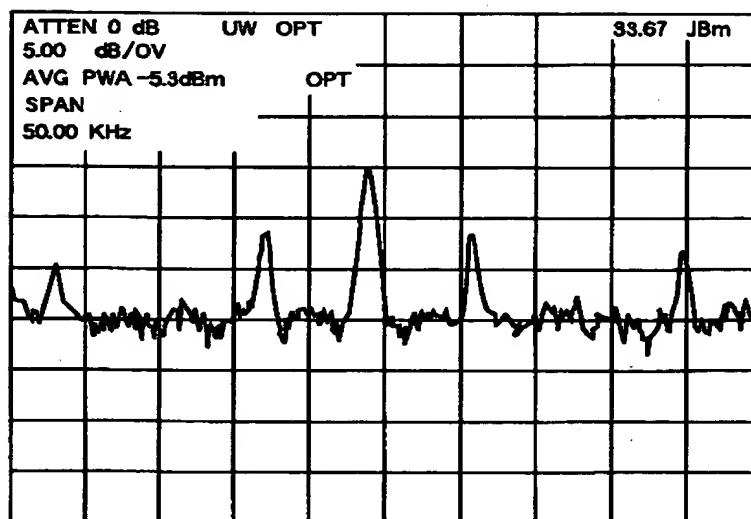


(b)

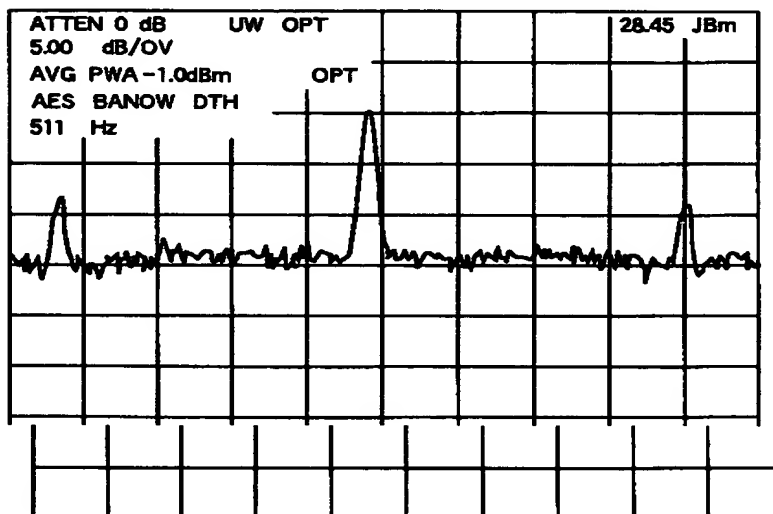


【図9】

(a)



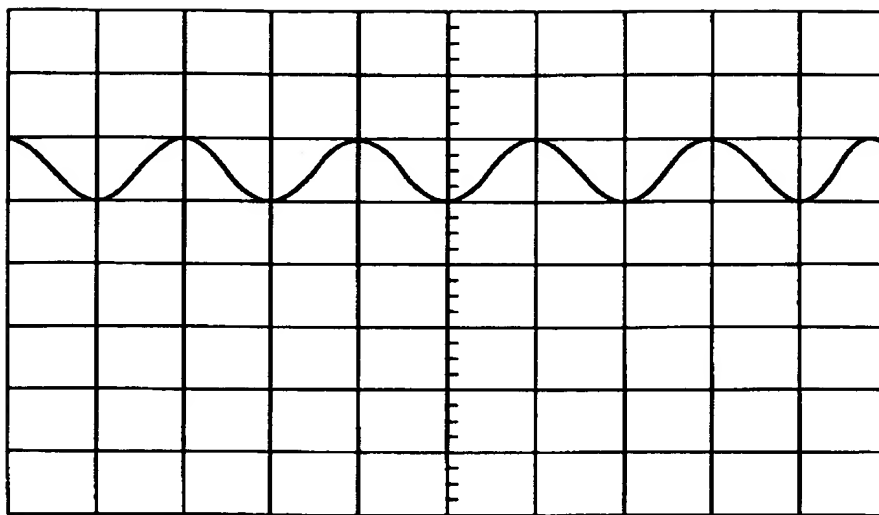
(b)



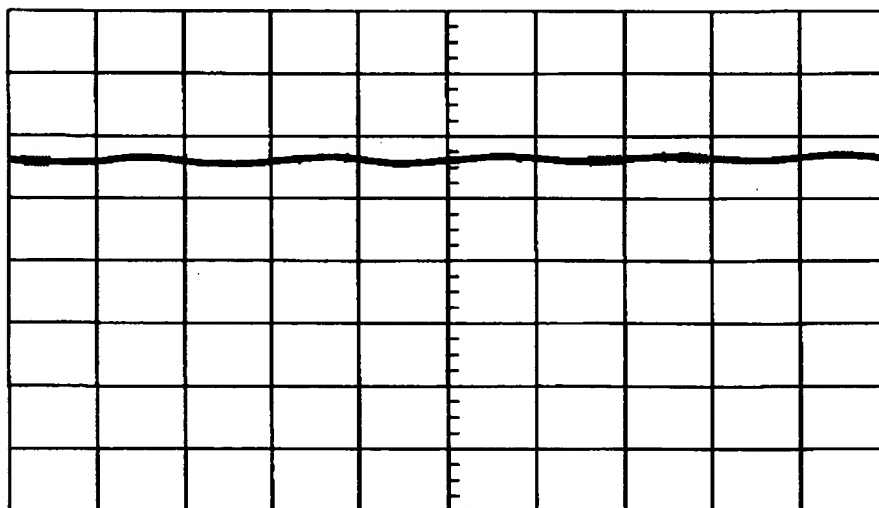


【図 1 0】

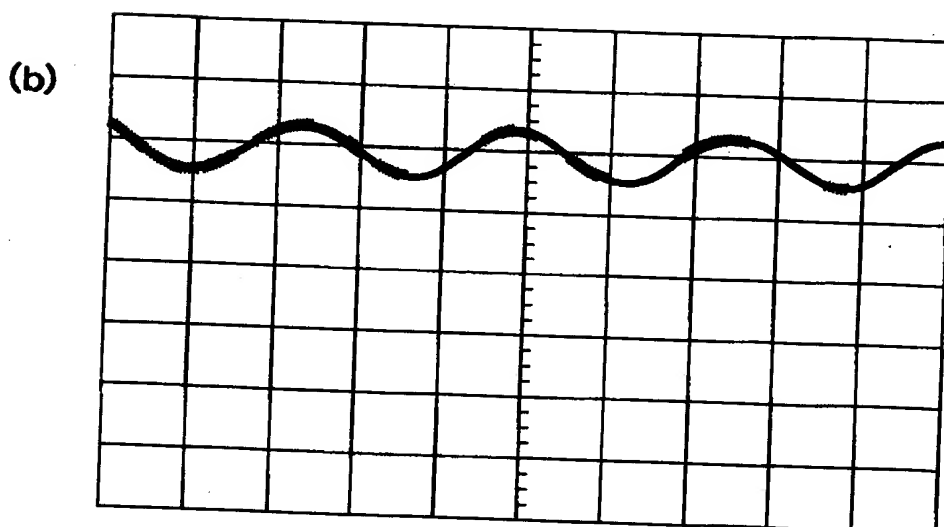
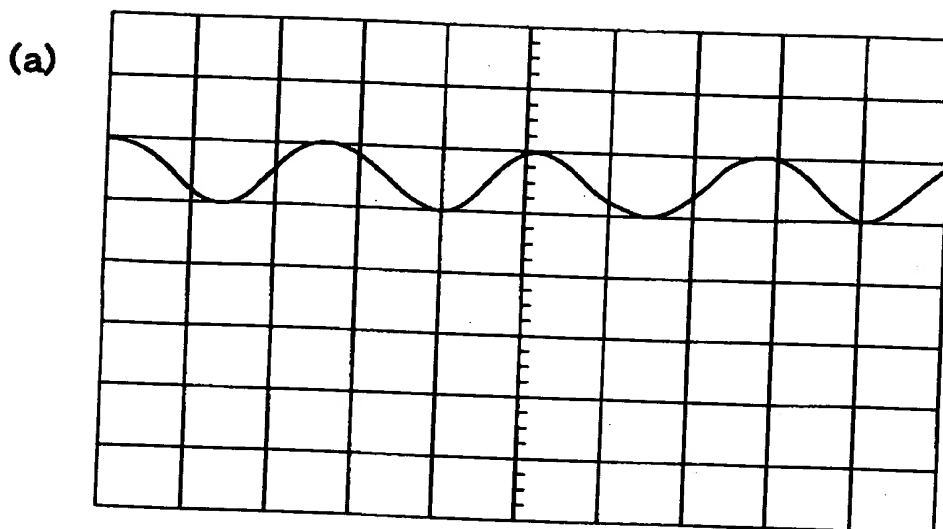
(a)



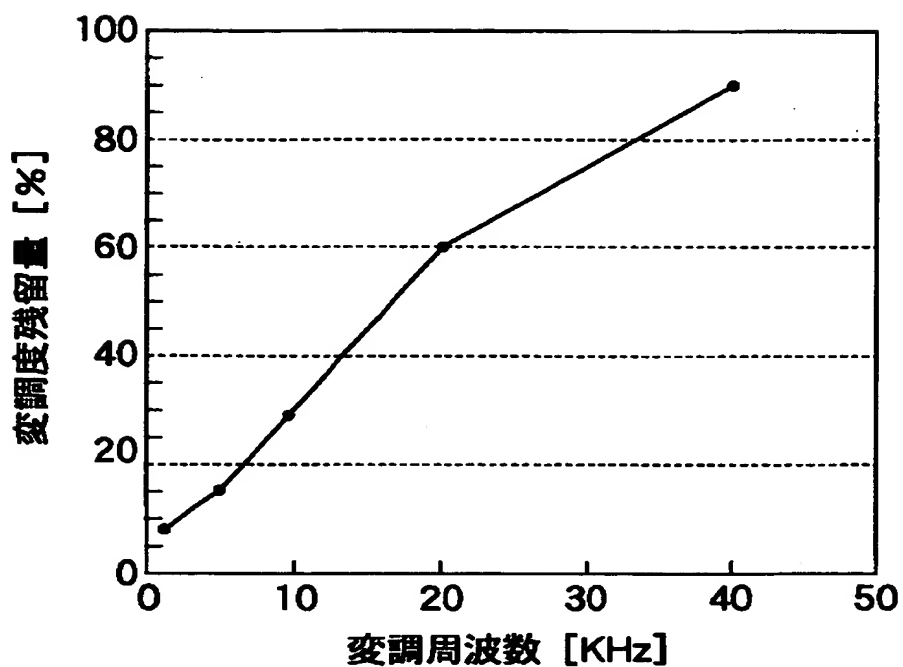
(b)



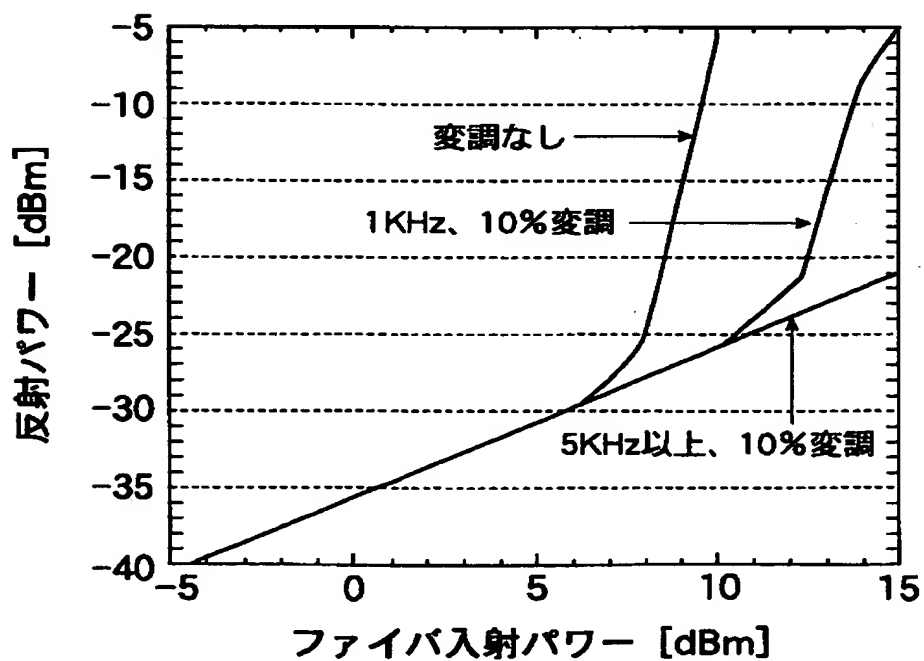
【图 11】



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非線形光学現象（特に S B S）の発現を抑制するとともに高パワーの信号光を出力することができる光送信器、および、この光送信器を用いた光通信システムを提供する。

【解決手段】 変調信号源 1 1 は、2 0 k H z 以下の周波数  $f_m$  の変調信号を電気信号として出力する。半導体レーザ光源 1 2 は、変調信号源 1 1 から出力された周波数  $f_m$  の変調信号により駆動され、その変調信号に応じて振幅変調されたレーザ光を出力する。信号源 1 3 は、送信すべき信号を電気信号として出力する。外部変調器 1 4 は、半導体レーザ光源 1 2 から出力されたレーザ光を、信号源 1 3 から出力された電気信号に基づいて振幅変調し、その振幅変調されたレーザ光を信号光として出力する。光増幅器 1 5 は、外部変調器 1 4 から出力された信号光を光増幅して、その光増幅された信号光を光伝送路 2 0 へ出力する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名 住友電気工業株式会社